

**П.М. Жмурін, А.Ю. Бояринцев,
М.О. Клубань, Л.О. Мірошніченко, С.М. Федоров**

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ПЛАСТМАСОВИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ ДЛЯ ФІЗИЧНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ



Розроблено методику та відпрацьовано виробничий процес тонкого очищення технічного стиролу; показана доцільність використання мікрофільтрації сировини для отримання готового продукту високої якості. Процес тонкого очищення був впроваджений в технологію виробництва великогабаритних пластмасових сцинтиляторів з величиною прозорості не нижче 2,5 м.

Ключові слова: полістирол, полімеризація в масі, люмінесцентні домішки, поглинання світла, очистка.

Пластмасові сцинтилятори (ПС) — це твердий розчин люмінесцентних домішок (ЛД) у прозорому полімері. Функціональні властивості ПС (сцинтиляційна ефективність, область і час висвічування, радіаційна стійкість та ін.) визначаються їх складом: хімічною структурою і концентрацією люмінесцентних добавок, а також хімічною структурою і морфологією полімерної матриці. Для забезпечення максимально ефективного перетворення поглиненої енергії іонізуючого випромінювання в область високої чутливості фотоелектронного помножувача в пластмасові сцинтилятори додають, як правило, не менше двох люмінесцентних домішок. Найбільш поширеною матрицею пластмасових сцинтиляторів є полістирол.

Пластмасові сцинтилятори на основі полістиролу разом з неорганічними і органічними кристалами широко використовуються для вирішення найрізноманітніших завдань нау-

ки і техніки і привабливі тим, що їх можна виготовляти практично будь-яких форм і розмірів. Особливої актуальності розробки по створенню пластмасових сцинтиляторів великих розмірів набули в останні 10–15 років у зв'язку зі створенням міжнародних колаборацій для досліджень в області фізики високих енергій, таких, як OPERA, Super NEMO, CMS і LHCb [1, 2, 3]. При будівництві великих детекторних установок потрібно за короткий час (декілька місяців) виготовити десятки тисяч сцинтиляційних модулів, які повинні надійно працювати десятки років без істотної зміни функціональних властивостей. В даний час намічається тенденція до заміни газових і рідких сцинтиляційних матеріалів полімерними — зручнішими в експлуатації. Проте ці сцинтилятори повинні бути великогабаритними (до 5–7 м), мати високі сцинтиляційні параметри і довгострокову стабільність, що вимагає розробки нових технологій отримання пластмасових сцинтиляторів з високими оптичними властивостями.

На сьогодні Інститут сцинтиляційних матеріалів (ІСМА) НАН України є найбільшим в Європі виробником великогабаритних сцинтиляторів на основі полістиролу. Це стало можливим в результаті впровадження в практику результатів багаторічних досліджень фотофізичних, радіаційних процесів в ПС, кінетичних закономірностей процесів полімеризації та інших процесів, що відбуваються у сцинтиляційному матеріалі.

Зараз основний акцент в дослідженнях робиться на глибше вивчення процесів, що визначають оптичні і сцинтиляційні властивості великогабаритних ПС: фундаментальні втрати світла, пов'язані з хімічною структурою елементарних ланок полістиролу і люмінесціюючих добавок (поглинання в УФ- і ІЧ-областях), з розсіянням на центрах різної природи, з реабсорбцією вторинної добавки, з поверхневими втратами світла.

Дана стаття присвячена опису інноваційних розробок, спрямованих на організацію виробництва пластмасових сцинтиляторів підвищеної прозорості. Робота виконана в рамках науково-технічного проекту «Організація виробництва великогабаритних пластмасових сцинтиляторів з величиною прозорості не нижче 2,5 м для експериментів з фізики високих енергій», який фінансувався Державним інноваційним фондом України.

ПРОЗОРИСТІ СЦИНТИЛЯТОРІВ

Типова прозорість пластмасового сцинтилятора на основі полістиролу не перевищує 2 м, а зазвичай — 1–1,5 м. Це пов'язано з багатьма чинниками, одним з найважливіших із них є наявність у вихідній сировині і кінцевому продукті — полістиролі — великої кількості різного роду домішок, що поглинають світло і зменшують прозорість [4].

Держстандарт на стирол, що виробляється в промисловості [8], не передбачує контролю за вмістом домішок, які здатні поглинати випромінювання сцинтиляційного спалаху полімерної основи, за умови, що їхня концентрація не

перевищує 10^{-5} моль/літр. Але навіть цієї кількості достатньо, щоб змінити як сцинтиляційні властивості самої основи, так і її прозорість. Крім того, мономер стиролу, який отримують від виробника, обов'язково містить інгібітор, котрий заважає виникненню спонтанної полімеризації, але його залишки теж інтенсивно поглинають світло. Необхідно зауважити, що наявність неконтрольованих добавок у стиролі багато в чому залежить і від методу синтезу самого стиролу.

Порівняльний аналіз характеристик мономера стиролу від різних виробників показує, що за впливом домішок на ефективність ПЕВ їх можна розділити на чотири групи: 1) домішки типу залишкового мономера; 2) домішки типу первинної домішки; 3) домішки типу вторинної добавки; 4) домішки, спектри поглинання яких лежать в області люмінесценції вторинної домішки. Таке різноманіття факторів, що не піддаються контролю у вихідній сировині сцинтиляційної основи, згубно позначається на відтворюваності сцинтиляційних характеристик.

На сьогоднішній день достатньо детально вивчені й установлені основні фактори, що впливають на прозорість пластмасового сцинтилятора. До них можна віднести не тільки домішки хімічного походження, але й механічні — розміром приблизно 150–200 нм. Наявність таких домішок призводить до різкого підвищення втрат світла (так зване *розсіяння Релея*). Тому виникає задача очистки стиролу не тільки від неконтрольованих домішок хімічного походження, але й від частинок субмікронного розміру. При цьому метод очистки стиролу повинен дозволяти очищувати не менш ніж 500 л стиролу за добу. Така швидкість очищення, з одного боку, дуже велика для лабораторних методів очистки, а з другого — мала для промислових установок.

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ПЛАСТМАСОВИХ СЦИНТИЛЯТОРІВ

Промислова технологія отримання великогабаритних сцинтиляційних пластин заснова-

на на традиційному методі вільнорадикальної полімеризації стиролу в масі з подальшою механічною обробкою [5]. Саме цим методом можна отримати найбільш чистий полімер з рівномірним розподілом люмінесцентних добавок по всьому об'ємі, оптимальними середньомолекулярними масами і молекулярно-масовим розподілом. У найзагальнішому вигляді технологію отримання великогабаритних ПС можна представити так:

- 1) підготовка сировини (стиролу й люмінесцентних домішок);
- 2) змішування стиролу з домішками;
- 3) отримання сцинтиляційних заготовок методом термоініційованої полімеризації в масі;
- 4) механічна обробка пластика.

Основною метою пропонованої технології є отримання полімерного блоку з високою прозорістю і оптичною однорідністю без залишкової напруги і мікрровключень, який має необхідну молекулярну масу і молекулярно-масовий розподіл.

Складність досягнення цієї мети полягає в тому, що полімеризація стиролу проходить з виділенням великої кількості тепла, через що при полімеризації відбуваються перегрів, можливий нерівномірний перебіг реакції і отримання неоднорідного пластика з широким молекулярно-масовим розподілом. Досягнення в реакційній масі температур 300–400 °С приводить до деструкції і деполімеризації полістиролу і виключає можливість отримання блоку з високою оптичною однорідністю (через випаровування залишкового мономера і низькомолекулярних продуктів).

При виробництві технічного полістиролу полімеризація в масі в умовах виробництва звичайно здійснюється безперервним методом. Реакцію проводять при температурі 80–90 °С в реакторі з мішалкою. Після досягнення приблизно 30 % конверсії мономера, в'язко-текучий продукт з реактора направляють у верхню частину спеціальної башти (колони), де в середовищі інертного газу процес полімеризації протікає безперервно в міру прохо-

дження реакційної маси через зони з нагріванням від 100 до 180 °С. Неполімеризований стирол конденсується за допомогою зворотних холодильників і знов поступає в першу ступінь полімеризації. На виході з башти полістирол потрапляє в механічний шнек при температурі 220 °С.

Технологія безперервної полімеризації є дуже ефективною при отриманні промислового полістиролу у вигляді гранул. Але полістирол, отриманий таким чином (технічний полістирол), звичайно має незадовільні оптичні характеристики.

В ІСМА НАН України блоки полістиролу великих розмірів зазвичай отримують періодичним методом [6], який у промисловому виробництві практично не застосовується. Суть даного методу полягає в проведенні процесів в дві стадії: *отримання форполімеру і доведення полімеризації у металевих ампулах великих розмірів*. На рис. 1 показана схема періодичного методу полімеризації, розроблена в ІСМА НАН України.

Після вхідного контролю, що включає перш за все вимірювання оптичної прозорості, стирол потрапляє у велику ємність, де зберігається для подальшого використання. Звідси, через проміжну ємність, стирол потрапляє до вузла розчинення і дегазації, а потім – до мікрофільтраційної установки (МФУ). Саме тут відбувається очищення сировини до потрібного ступеня. Цей процес буде детально описаний нижче.

Процес полімеризації проходить у спеціальних металевих ампулах у полімеризаторах з рециркуляцією повітряного теплоносія і відводом тепла за допомогою кипіння [4]. Пара стиролу відводиться до реактора каталітичної очистки (РКОБ), після чого потрапляє до спеціальної пастки.

ОЧИЩЕННЯ СИРОВИНИ ВІД ДОМІШОК

Відомі різні способи очищення початкової мономерної сировини. У літературі детально описано отримання особливо чистого полісти-

ролу для виготовлення оптичних волокон з низькими оптичними втратами (~114 дБ/км) [7]. Стирол очищали від інгібітора розчином луку, а потім промивали водою до нейтральної реакції, сушили Na_2SO_4 і CaCl_2 і поміщали в систему, з якої відкачували повітря при багатократному заморожуванні рідким азотом і розморожуванні гарячою водою. При цьому найкращі результати отримували при фракціонуванні стиролу з відбором найбільш високої по прозорості середньої фракції. Але таке глибоке очищення мономера є дорогим і трудомістким процесом і тому не може бути використане при великих об'ємах серійного виробництва великогабаритних ПС.

Як зазначалося вище, для виготовлення великогабаритних ПС як початкову сировину використовували технічний (промисловий) стирол [8] (ГОСТ 10003-91). Такий стирол може включати органічні домішки різного характеру до 0,05–0,2, воду до 0,06 і іони заліза до 0,01–0,0001 мас %. Необхідність додаткового очищення залежить від розмірів ПС, його форми і умов збирання світла. Просто і достатньо надійно можна визначити необхідність очищення, дотримуючись такого правила: *необхідна довжина ослаблення світла ПС повинна бути не менше довжини виробу*. При необхідності поліпшити прозорість стиролу його очищення від домішок традиційно виконують послідовним використанням методів адсорбції і вакуумної перегонки.

Таким чином, метою очищення стиролу є видалення побічних продуктів синтезу мономера, видалення інгібітора і видалення вологи з мономера (осушування). Методи очищення стиролу умовно можна розділити на *первинні (попередні) методи* і *методи високого ступеня очищення*.

У першу групу методів включається: очищення від інгібітора, сірко- і кисневмісних з'єднань, очищення від води (осушування). Для глибокого очищення використовують додаткові спеціальні методи тонкого очищення і комбіновані методи.

Очищення від інгібітора

Для запобігання полімеризації стиролу при зберіганні і перевезенні в нього вводиться невелика кількість інгібітора, здатного подавити спонтанну полімеризацію. Дія інгібіторів пояснюється реакцією передачі радикального ланцюга, що збільшується, на інгібітор з утворенням неактивного семіхіноїдного радикалу. Як інгібітор полімеризації стиролу зазвичай застосовують гідрохінон або 4-трет-бутил-катехін. Для його видалення застосовують спосіб промивки мономера розчином реагенту, здатного перевести інгібітор в неактивну форму. Так, наприклад, для видалення гідрохінону і 4-трет-бутил-катехіну використовується промивка стиролу 5–10%-им розчином луку, при цьому гідрохінон і 4-трет-бутил-катехін схильні до утворення іонних солей, які не розчиняються в мономері, але добре розчиняються у воді. Після переведення інгібітора в сіль його видаляють промивкою дистильованою водою до нейтральної реакції.

Грубе осушування

Волога є регулярною домішкою мономера стиролу. Для її видалення, незалежно від необхідного ступеня осушування, спочатку застосовуються методи так званого *грубого осушування*.

Для грубого осушування розчинників зазвичай використовують речовини, такі, як CaCl_2 , MgSO_4 і ін., здатні поглинати воду. Необхідною умовою ефективного осушування є попереднє видалення кристалізаційної води з кристалогідратів ($\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) шляхом прогрівання їх протягом 1–2 год. Слід відмітити, що ефективність прогрітих кристалогідратів буває у ряді випадків недостатньою: вміст вологи в рідині, що знаходиться під одним із вказаних осушувачів, складає декілька ммоль/л незалежно від тривалості осушування і способу його проведення (у вакуумі, в атмосфері інертного газу і т.п.).

Глибоке осушування

Значно ефективнішими осушувачами, що дають можливість понизити вміст вологи в

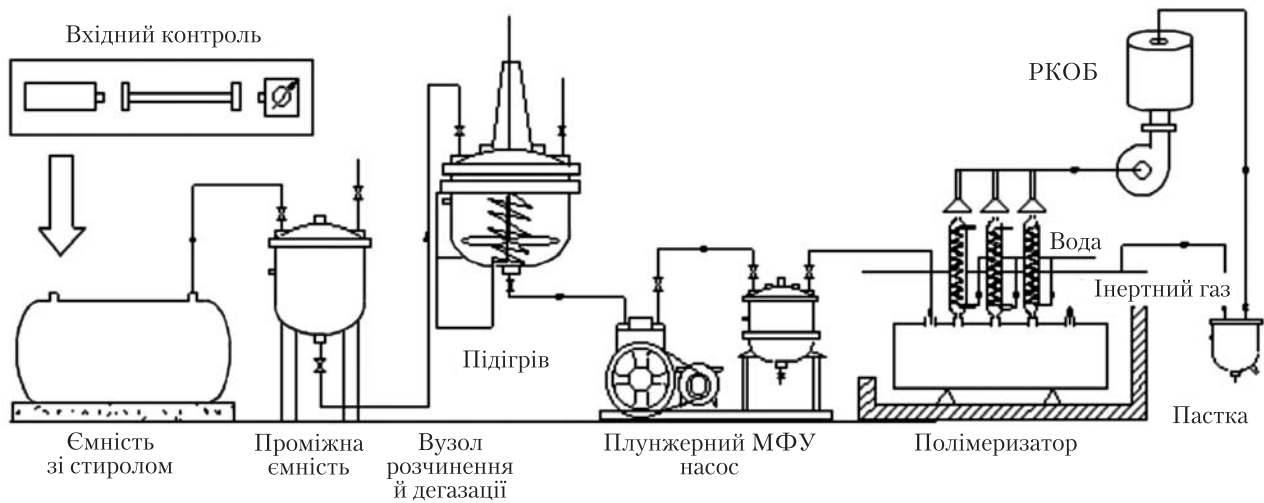


Рис. 1. Схема виробництва блокового ПС періодичним методом

стиролі до десятих долей моль/л розчину, є: металевий натрій, оксид алюмінію, оксид барію, п'ятиокис фосфору, молекулярні сита. Максимальний ступінь осушування досягається при послідовному використанні осушувачів гідридів (або алкільних похідних металів) і рідкого сплаву калію з натрієм. Проте ступінь осушування в цих випадках істотно залежить від методу проведення процедури в цілому, починаючи від способу осушування і закінчуючи методикою проведення дослідів по полімеризації.

Металевий натрій швидко покривається плівкою окислу або гідроокису і тому ефективність осушування з його допомогою невелика.

Оксид алюмінію є ефективним осушувачем. Перед початком роботи його необхідно активувати шляхом нагрівання в муфельній печі при температурі 200–250 °С протягом декількох годин. Після цього осушувач повинен зберігатися в закритій ємності (наприклад, ексикаторі) в атмосфері інертного газу.

Оксид барію і п'ятиокис фосфору у вигляді технічних продуктів зазвичай гідратовані, тому з ними рекомендується працювати у вакуумних системах, де окисел барію дегідратується шляхом прогрівання у вакуумі, а п'ятиокис фосфору сублімується.

Гідрид кальцію має більше переваг, ніж інші осушувачі. Основна його перевага полягає в тому, що він є реагентом, який саморегенерується, оскільки при струшуванні або перемішуванні продукт гідратації (головним чином, гідроокис кальцію) відділяється від поверхні зерен. Про закінчення осушування можна судити по припиненню виділення бульбашок водню при перемішуванні суспензії. Загальний час осушування зазвичай складає не менше 10 год навіть при постійному перемішуванні за допомогою магнітної мішалки.

Перегонка при зниженому тиску

Щоб уникнути небажаної спонтанної полімеризації, перегонку стиролу проводять під вакуумом. При цьому вдається змусити кипіти стирол залежно від створюваного вакууму при температурах, менших 30–40 °С і тим самим уникнути небажаної реакції. Крім того, зниження тиску при перегонці супроводжується збільшенням відносної летючості, чим вдається підвищити ступінь очищення від домішок. Вибираючи значення залишкового тиску (а отже, і температури) при перегонці, слід керуватися такими міркуваннями: *по-перше*, температура кипіння рідини при вибраному тиску не пови-

нна бути дуже високою; *по-друге*, температура кипіння не повинна бути і дуже низькою, оскільки при цьому знижується ефективність конденсаційної системи установки і можливе попадання пари рідини, що переганяється, у вакуум.

Таким чином, при виборі температурного режиму перегонки нижня межа температури диктується міркуваннями ефективності конденсації пари на холодильнику. Тому мінімальна різниця між температурою кипіння пари і температурою рідини, що охолоджує, на виході з холодильника повинна бути 15 °С.

Метод адсорбційної хроматографії

Розділення зон компонентів методом адсорбційної хроматографії здійснюється в результаті взаємодії речовини з адсорбентами, такими, як силікагель або оксид алюмінію, що мають на поверхні активні центри. Відмінність у здібності до взаємодії з адсорбційними центрами різних молекул проби приводить до їх розділення на зони в процесі руху з рухомою фазою по колонці. Розділення, що досягається при цьому, залежить від взаємодії як з розчинником, так і з адсорбентом.

Схема адсорбційної хроматографії наведена на рис. 2.

При очищенні стиролу методом адсорбційної хроматографії як адсорбент доцільніше застосовувати оксид алюмінію, а саме його гамма-форму (алюмогель). Алюмогель – гідрофільний полярний адсорбент, саме тому він незамінний при чищенні стиролу методом адсорбційної хроматографії: він активно адсорбує на своїй поверхні воду і інгібітори полімеризації.

Для адсорбційної хроматографії використовується вертикальна скляна колонка завдовжки до 100 см і діаметром до 5 см, до половини заповнена адсорбентом (Al_2O_3). Поверх адсорбенту наливають стирол. При проходженні стиролу через колонку спостерігається адсорбція окремих компонентів. Адсорбція відбувається тільки в поверхневому шарі адсорбенту і перед-

бачає поверхневе поглинання. Стовп адсорбенту розширюється у вигляді окремих, різнобарвлених зон. Оксид алюмінію різної активності розділяє альдегіди, кетони, складні ефіри і т. п. При кімнатній температурі на поверхні оксиду алюмінію легко адсорбується вода.

Мікрофільтрація

Як додатковий метод очистки стиролу був застосований метод вакуумної перегонки в поєднанні з використанням мембранних ядерних фільтрів, виробництво яких освоєно в Об'єднаному інституті ядерних досліджень (ОІЯД, Дубна, Росія).

Ядерні фільтри – це мікропористі фільтри, що утворюються при опроміюванні полімерних плівок прискореними важкими іонами з подальшим витравленням зруйнованих ділянок полімеру. Уздовж траєкторії іонів виникають крізні канали правильної форми. Особливість ядерних фільтрів полягає у високій однорідності розмірів пір і можливості їх варіацій в широких межах (0,01–10 мкм). Це дозволяє використовувати ядерні фільтри для сепарації мікрочасток по розмірах і концентрації, для надтонкого очищення рідких і газоподібних середовищ, стерилізації рідин і ін. Завдяки великому числу пір (10^6 – 10^9 см⁻²) і малій товщині ядерні фільтри мають високу пропускну спроможність для рідин і газів (до 100 м³ / (м² · год) і $3 \cdot 10^4$ м³ / (м² × год)). Для виготовлення ядерних фільтрів застосовують головним чином плівки з лавсану товщиною 6–12 мкм і інші полімерні матеріали, стійкі до зовнішньої

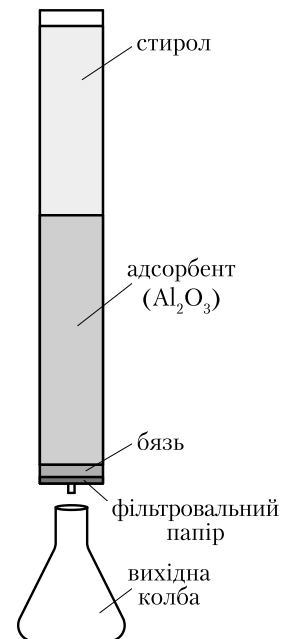


Рис. 2. Схема адсорбційного хроматографічного очищення

дії. Таким чином, ядерні фільтри ефективно відсіюють частки розміром приблизно 150–200 нм, які можуть бути присутніми у сировині. Наявність таких домішок призводить до різкого підвищення втрат світла – так зване розсіяння Релея.

У результаті виконання всієї сукупності інноваційних робіт було створено оригінальну ділянку первинної очистки сировини, у якій установка вакуумної перегонки стиролу поєднувалася з одночасною глибокою фільтрацією перегнаного продукту, що дозволило подолати технологічно досяжний раніше поріг прозорості полістирольного пластмасового сцинтилятора – 2 м – і вийти на ринок з якісно новим сцинтиляційним продуктом.

Таблиця 1

Об'ємна довжина загасання світла (BAL) стиролу, очищеного різними методами

Метод очищення	BAL, см
Стирол неочищений	31,6
Стирол, очищений хроматографічним методом (Al_2O_3)	207,6
Стирол, очищений методом вакуумної перегонки	259,3
Стирол, осушений ($CaCl_2$) і перегнаний	271,8
Стирол, очищений хроматографічним методом (Al_2O_3) і додатково методом вакуумної перегонки	325,6

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі дослідження було проведено порівняння ефективності різних методів очищення та їх сумарний вплив на прозорість виробу. Прозорість стиролу і полістиролу вимірювалася методом лазерної фотометрії по об'ємній довжині загасання світла (BAL) залежно від методу очищення. Результати вимірювань приведені в табл. 1.

Перелічені вище методи очищення дозволяють підвищити чистоту стиролу, проте найкращий результат досягається при остаточному барботажі стиролу аргоном. Тому цей етап також був включений у технологічну схему отримання ПС. Барботаж суміші стиролу з люмінесцентними домішками інертного газу (аргоном) протягом 20–30 хв при температурі 80–90 °С призводить до повного розчинення домішок. Ця процедура використовується на останньому етапі підготовки перед полімеризацією. Барботаж дає можливість досягти достатньо якісного очищення і глибокої дегазації сировини. Аргон, що розчинився, видаляють після барботажу вакуумним способом. Після вакуумування розчин стиролу з домішками фільтрується на мікрофільтраційній установці (МФУ). Емпіричним шляхом були підібрані фільтри, які за інших рівних умов очищення забезпечували кращу прозорість ПС [9, 10].

У табл. 2 наведені результати вимірювань прозорості стиролу різних партій і полістиролу після найбільш ефективних процедур очищен-

Таблиця 2

Прозорість стиролу різних ступенів очищення і виготовленого з нього полістиролу

Номер досліджу	Характеристика стиролу	Стирол L, см	ПС L, см
1	Початковий, отриманий 04.02.10	120	155
2	Очищений оксидом алюмінію	200	191
3	Очищений вакуумною перегонкою	205	192
3а	Додаткова мікрофільтрація	325	280
4	Початковий, отриманий 01.04.10	186	178
5	Очищений оксидом алюмінію	200	190
6	Очищений вакуумною перегонкою	195	185
6а	Додаткова мікрофільтрація	300	250

ня. З таблиці видно, що із стиrolу з довжиною ослаблення 120 і 186 см виходить ПС невисокої прозорості (досліди 1, 4: $L = 155$ і 186 см відповідно). Після очищення стиrolу поліпшується його прозорість до максимального значення $L = 205$ см (дослід 3). Високо прозорий мономер незалежно від способу отримання дозволяє виготовити ПС з довжиною загасання висвітлювання 180–190 см (досліди 3–6). Досліди 3а і 6а показують, що додаткова мікрофільтрація дає можливість ще більше підняти прозорість стиrolу й перейти межу 2,5 м.

Таким чином, встановлено, що розроблена технологія дає можливість досягти в умовах масового виробництва відтворення результатів і забезпечити високу якість великогабаритних сцинтиляторів. Виконані дослідження відкривають можливість виготовлення сцинтиляторів з полістиrolу, які по прозорості перевищують 2,5 м.

ВИСНОВКИ

З урахуванням результатів оцінки теоретичної межі прозорості стиrolу, полістиrolу, а також люмінесцентних добавок, які входять до складу ПС, виконано класифікацію домішок, які впливають на прозорість сцинтиляторів.

Розроблено методику тонкого очищення технічного стиrolу; відпрацьовано виробничий процес такого очищення, показана доцільність використання мікрофільтрації сировини для отримання готового продукту високої якості.

Процес тонкого очищення був впроваджений в технологію виробництва великогабаритних ПС з величиною прозорості не нижче 2,5 м. Ця технологія була розроблена в експеримен-

тальному відділі Інституту сцинтиляційних матеріалів НАН України.

На закінчення автори висловлюють подяку Державному інноваційному фонду НАН України за підтримку й фінансування робіт за проектом «Організація виробництва великогабаритних пластмасових сцинтиляторів з величиною прозорості не нижче 2,5 м для експериментів з фізики високих енергій».

ЛІТЕРАТУРА

1. OPERA proposal, «An appearance experiment to search for $\nu_{\mu} \leftrightarrow \nu_{\tau}$ oscillations in the CNGS beam», CERN/SPSC 2000 – 028, SPSC/P318, LNGS P25/2000. July 10, 2000.
2. Adamson Ph., Arnold R., Baker C. Expression of Interest in the Super-NEMO experiment // http://nemo.in2p3.fr/supernemo/eoi_Super-NEMO.htm.
3. Large Hadron Collider Beauty experiment // <http://lhcb.web.cern.ch/lhcb-public/Welcome.html>.
4. Гринев Б.В., Сенчишин В.Г. Пластмассовые сцинтилляторы. – Харьков: Акта, 2003. – 324 с.
5. Сенчишин В.Г., Галич Ю.М., Корнеева О.Г. Способ получения крупногабаритных пластмассовых сцинтилляторов // Патент № 2031902 от 17.06.1991.
6. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ениколопан Н.С. Кинетика полимеризационных процессов. – М.: Химия, 1978. – 320 с.
7. Kaino T., Fujiki M., Jinguji K. Preparation of Plastic Optical Fibers // Review of the Electrical Communication Laboratory, 1984. – 32, № 3. – P. 478–490.
8. Стирол. Технические условия. Переиздание с изм. 1 20.07.2010 // ГОСТ 10003-90.
9. Сенчишин В.Г. Модифицирование технологического процесса получения пластмассовых сцинтилляторов // Физика и химия оптических и сцинтиляционных материалов. – 1985. – Т. 14. – С. 211–215.
10. Сенчишин В.Г., Корнеева О.Г., Галич Ю.М., Померанцев И.И. Способ изготовления пластмассового сцинтиллятора // Патент № 1596939 от 27.03.89 г.

*П.Н. Жмурич, А.Ю. Бояринцев, М.А. Клубань,
Л.А. Мирошниченко, С.М. Федоров*

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА
КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПЛАСТМАССОВЫХ
СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ
ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Разработана методика и отработан производственный процесс тонкой очистки технического стирола; показана целесообразность использования микрофльтрации сырья для получения готового продукта высокого качества. Процесс тонкой очистки был внедрен в технологию производства крупногабаритных пластмассовых сцинтилляторов с величиной прозрачности не ниже 2,5 м.

Ключевые слова: полистирол, полимеризация в массе, люминесцентные примеси, поглощение света, очистка.

*P.N. Zhmurin, A.Yu. Boyarincev, M.A. Kluban',
L.A. Miroshnichenko, S.M. Fedorov*

ORGANIZATION OF PRODUCTION
OF LARGE-SIZE PLASTIC SCINTILLATORS
FOR PHYSICAL EXPERIMENTS

The method for technical styrene fine cleaning is developed; the production process of such cleaning is implemented, the expedience of use of raw material microfiltration to obtain high quality prepared product is shown. The fine cleaning process was implemented into the production technology of large-size plastic scintillators with more than 2.5 m transparency.

Key words: polystyrene, bulk polymerization, fluorescent additives, light absorption, purification.

Стаття надійшла до редакції 18.04.11